



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Thyago Silva Rodrigues**

**Polímeros naturais e sintéticos: uma abordagem das  
características a partir de uma transposição didática**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**Brasília – DF**

**1º / 2012**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Thyago Silva Rodrigues**

**Polímeros naturais e sintéticos: uma abordagem das  
características a partir de uma transposição didática**

Trabalho de Conclusão de Curso  
em Ensino de Química apresentada  
ao Instituto de Química da  
Universidade de Brasília, como  
requisito parcial para a obtenção  
do título de Licenciado em Química.

**Orientador: Paulo Anselmo Ziani Suarez**

**1º / 2012**

## **Dedicatória da Monografia**

Dedico minha monografia a toda a minha família, mas em especial à minha mãe, Suely do S. Silva, que certamente é uma vencedora pela sua história de vida e, sem ela, não chegaria aonde cheguei e principalmente da forma que cheguei. À minha vó, Maria do Sacramento, para quem não há palavras que descreverem meu carinho e amor. À minha tia, Hellen Karla, pelas palavras sinceras ditas em momentos únicos.

Dedico também à minha irmã gêmea, Thays, e ao meu irmão, Thalyson, pelas inúmeras situações que passamos juntos, além do apoio e motivação que recebi.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, por me ajudar em todos os momentos.

Agradeço a toda a minha família, minha vó, minha mãe, minha irmã, meu irmão, minha tia e meu tio que são a base da estrutura que possuo para poder continuar meus estudos, além do carinho que recebo dessas pessoas que amo.

Agradeço à equipe do laboratório, LaQuiMeT, que se tornou uma segunda família e também aos dias de alegria e conversas nas horas vagas. Além de colaboradores LMC, por todo o apoio necessário.

Agradeço ao Professor Paulo pela orientação e também pela paciência.

Agradeço aos Professores Brenno e Fabricio, pelos conselhos para engrandecer meu trabalho de conclusão de curso.

# Sumário

Introdução .....	8
1 Fundamentação teórica.....	9
1.1 Transposição Didática.....	9
1.1.1 Saber Sábio .....	11
1.1.2 Saber a ensinar.....	11
1.1.3 Saber ensinado.....	12
1.1.4 Nooesfera .....	13
1.2 Contextualização e Interdisciplinaridade .....	14
1.2.1 Interdisciplinaridade .....	14
1.2.1.1 Multidisciplinaridade.....	15
1.2.1.2 Pluridisciplinaridade .....	16
1.2.1.3 Interdisciplinaridade .....	16
1.2.1.4 Transdisciplinaridade .....	17
1.2.2 Contextualização.....	18
2 Polímeros .....	20
2.1 Fatores Históricos .....	20
2.2 Formação do Polímero.....	22
2.2.1 Polímeros de Adição.....	24
2.2.2 Polímeros de Condensação.....	24
2.3 Classificação e tipos de Polímeros .....	24
2.3.1 Termoplástico, termofixos e elastômeros .....	24
2.3.2 Borracha Natural.....	25
2.3.3 Poliolefinas .....	32
3 Considerações Finais .....	36

Referências Bibliográficas .....	38
Anexo 1 (Texto Didático para o Professor) .....	42
Anexo 2 (Questionamentos Motivadores para Alunos do Ensino Médio).....	47

# Índice de Figuras

Figura 1 – Multidisciplinaridade .....	16
Figura 2 – Pluridisciplinaridade .....	16
Figura 3 – Interdisciplinaridade .....	17
Figura 4 – Transdisciplinaridade .....	17
Figura 5 – Representação de um processo de síntese de um polímero .....	22
Figura 6 – Estrutura polimérica do amido (esquerda) e celulose (direita) <b>Erro!</b> <b>Indicador não definido.....</b>	<b>23</b>
Figura 7 – Estrutura monomérica (esquerda) e polimérica (direita) da Borracha Natural.....	26
Figura 8 – Plantação de seringueiras.....	26
Figura 9 – Produção continental e mundial da borracha natural e sintética.....	28
Figura 10 – Teatro da Paz – Belém e Teatro do Amazonas.....	30
Figura 11 – Extração do látex pelo processo de sangria com a utilização da ferramenta especializada .....	31
Figura 12 – Estrutura simplificada das olefinas .....	32
Figura 13 – Representação de estereorregularidade ou taticidade – sindiotático (a), isotático (b) e atático (c).....	35

## **Resumo**

O presente trabalho tem por objetivo criar um texto voltado aos profissionais da educação, com uma linguagem objetiva e simples, para ajudá-los na compreensão a respeito dos polímeros. Para isso, esse texto contém esclarecimentos e informações sobre polímeros, passando pelos seus fatores históricos, caracterizações e os processos atuais de sua obtenção, tais como o Ziegler-Natta. Além dessas informações, foram abordadas também questões de processos sobre polímeros naturais, principalmente voltados para a produção da borracha e outros, como a celulose e amido. O texto foi criado a partir de uma transposição didática, abordando assuntos que podem ser tratados em âmbitos ecológicos e ambientais, visto que a produção de polímeros pode causar impactos ambientais. E esses temas são requeridos para se possuir uma boa formação dos futuros cidadãos, desenvolvendo questões ambientais, biológicas e geográficas.



## INTRODUÇÃO

A sociedade atual dependente de produtos poliméricos, desde as ações mais simples, como lavar a casa, na qual se utiliza um recipiente fabricado em material polimérico, o balde. Até em ações mais complexas, como a construção de um avião, em que materiais poliméricos são utilizados em diversas partes do avião, seja como isolantes térmicos, juntas de vedação ou parte da sua estrutura, bem como nos pneus utilizados.

Além da elevada possibilidades de utilização dos polímeros, uma questão muito discutida são as formas de produção, ou seja, síntese destes materiais. A produção dos polímeros pode influenciar suas propriedades, ou seja, dependendo da forma que se produz o material, esse pode assumir propriedades totalmente distintas, mesmo quando formado pelo mesmo monômero. Por esse motivo, a produção deve ser conhecida e controlada.

Dentre vários fatores que podem modificar a estrutura polimérica e suas propriedades, destacam-se os catalisadores que possuem grande responsabilidade por essa mudança. Além disso, é interessante o desenvolvimento de um texto que descreva detalhadamente essas características.

Dessa forma, a criação do texto complementar é justificada para auxiliar os professores durante as suas aulas. Por isso, o objetivo desse trabalho é desenvolver um texto que oriente o professor durante as aulas sobre o tema síntese e características dos polímeros.

# **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A teoria do educador e matemático francês Chevallard (1991) a respeito da transposição didática – modo de estudar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas, o “Saber Sábio”, transforma-se no saber encontrado nos livros didáticos, o “Saber a Ensinar”, e adiante no saber que é encontrado na sala de aula, que é o “Saber Ensinado” - será usada para abordar os assuntos que envolvem polímeros nesta monografia. Sua teoria será usada nos processos de obtenção de polímeros bem como na biossíntese da borracha natural. Além da interdisciplinaridade e contextualização usada para interligar diversas áreas do conhecimento, tais como biologia, meio ambiente e geografia.

## **1.1 A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA**

Segundo Forquin (1993)<sup>1</sup>, a transposição didática foi inicialmente enunciada em 1975, pelo sociólogo Michel Verret em sua tese de doutorado *Le temps des études*.

Ela tem por base a compreensão de que a educação escolar não se limita a fazer uma seleção entre o que há disponível da cultura num dado momento histórico, mas igualmente tem por função tornar os saberes selecionados efetivamente transmissíveis e assimiláveis. (FORQUIN 1993 *apud* LOPES).

---

<sup>1</sup> Forquin, J-C.; “Escola e cultura”, Artes Médicas; PortoAlegre, 1993.

A compreensão dessa frase não está apenas na limitação das funções vigentes de determinados conteúdos, mas na oportunidade e capacidade de determinadas pessoas, em especial os professores, de saber interligar assuntos específicos referentes aos saberes selecionados que fazem os alunos poderem construir seus conhecimentos. Esse processo de interligar os assuntos pode ser feito de forma prática ou teórica, fazendo assim que sejam mais facilmente assimilados.

Contudo, foi o matemático francês Yves Chevallard que retornou essa ideia em 1980 e difundiu numa abordagem de ensino e aplicação, especificamente, na didática da matemática (Lopes, 1997). Chevallard (1991) diz conter uma “distância” entre a pesquisa da matemática pura e o ensino da matemática. Segundo Chevallard (1991), a transposição didática é definida como um eficiente instrumento para se analisar o processo do qual o Saber Sábio, produzido pelos cientistas, transforma-se naquele encontrado nos programas e livros didáticos, conhecido como Saber a Ensinar, e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula, o Saber Ensinado. Ou seja, Chevallard divide os saberes em três categorias: o Saber Sábio, o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado. Em seus estudos, Chevallard estuda em especial as modificações que surgem no tramite dos saberes (Brockington; Pietrocola, 2005).

O termo “transposição didática”, ao qual se refere Chevallard, possui um contexto de apenas reprodução do conhecimento. Entretanto Lopes (1999) substitui esse termo por “mediação didática”, prevendo um maior entendimento do processo de transformação do conhecimento. A modificação do termo mostrada por Lopes (1999) não propõe modificações significativas na teoria

inicial, apenas prevê melhorias no entendimento do termo “transposição didática” desenvolvidapor Chevallard (Leito, 2004).

A transposição didática é composta pelos saberes – sábio, a ensinar e ensinado –, e a forma como esses saberes se tramitam entre a pesquisa e o aluno, conhecida como *nooesfera*. Esse se interliga com os professores, alunos e o conhecimento escolar.

### **1.1.1 Saber Sábio**

Este saber é desenvolvido por intelectuais e cientistas em torno de um conhecimento específico que se desenvolve num conhecimento científico. A divulgação desses conhecimentos específicos ocorre em revistas especializadas e acadêmicas, periódicos científicos e congressos, os quais passam por um julgamento da comunidade científica, com suas próprias normas e regras para serem divulgadas. Há uma grande dificuldade de compreensão para pessoas que não são deste meio, visto que a linguagem utilizada é especializada de cada área do conhecimento, caracterizada pelo uso de termos técnicos. Logo, o uso dessa linguagem técnica na sala de aula é inapropriado, visto que há grandes obstáculos para o seu entendimento (Guimarães; Sade, 2009).

### **1.1.2 Saber a Ensinar**

Este saber é gerado principalmente por autores de livros didáticos, especialistas da disciplina, professores e programas educacionais. Eles devem alterar a linguagem do saber sábio, transformando-o em outro tipo de saber para conseguir uma abordagem mais acessível e para que esse conhecimento,

que será difundido entre os alunos, seja compreendido. Ressalta-se que, nesse processo, não há apenas uma simplificação, mas uma nova forma de apresentar o conhecimento (Brockington; Pietrocola, 2005).

Alves-Filho, Pinheiro e Pietrocola (2005) e Brockington e Pietrocola, (2005) resumiram que a transposição didática do saber sábio para o saber a ensinar deve seguir cinco regras:

- I) Modernizar o saber escolar;
- II) Atualizar o saber a ensinar;
- III) Articular o saber velho com o saber novo;
- IV) Transformar um saber em exercícios e problemas;
- V) Tornar um conceito mais compreensivo.

Essas regras fazem que o ensino sábio possa, de uma forma mais fácil, atingir seus objetivos de transpor um conhecimento específico para os alunos por meio de uma didática aplicável (Guimarães; Sade, 2009).

### **1.1.3 Saber Ensinado**

O saber ensinado é aquele que é compreendido pelo aluno aprendiz. Entretanto, ressalta-se que se deve ocorrer uma nova transposição didática entre o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado, pois o que é ensinado nas salas de aula não coincide com o ensino presente nos livros didáticos. O professor, tendo como base o Saber a Ensinar, produz o Saber Ensinado (Brockington; Pietrocola, 2005).

A esfera de saber ensinado deve conter não apenas a participação dos professores e alunos, mas também de pais, diretores, coordenação pedagógica e o ambiente escolar, incluindo infraestrutura e comunidade que reside no

entorno da escola. O professor possui a principal função nesse saber, com suas práticas diárias, percebendo as dificuldades para conseguir trilhar uma sequência organizada do saber aos alunos. A construção do aprendizado deve ser realizada de acordo com determinado grupo, ou seja, o saber ensinado deve ser realizado com escolhas dos assuntos abordados e organização para facilitar a compreensão e a assimilação dos conteúdos ministrados em sala de aula (Guimarães; Sade, 2009).

O professor é o principal mediador desse âmbito e peça fundamental. Ele deve possuir todos os objetos da transposição e, dessa forma, construir um novo conhecimento para aquele grupo, essencialmente, diferente do saber a ensinar. Contudo o professor deve fazer uma mediação entre os interesses despertados durante suas aulas e os fins didáticos do saber a ensinar (Brockington; Pietrocola, 2005).

Modificações ocorrem nesses processos de transmissão de conteúdos em diversos momentos. Porém, justamente na tentativa de fornecer um conteúdo mais claro e numa linguagem mais simples, há utilizações de recursos, tais como analogias, e o uso de determinadas analogias acabam fornecendo interpretações equivocadas ou incompletas (Brockington; Pietrocola, 2005).

#### **1.1.4 Noosfera**

As três esferas ou patamares dos saberes (Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado) se interligam em elementos comuns e se influenciam em um ambiente mais amplo, denominado noosfera. De acordo com Chevallard,

A noosfera é o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado [entre os ideais e possibilidades dos saberes científicos] (expresso pelos matemáticos, pelos pais, pelos professores mesmos). Ali [na noosfera] se produz todo conflito entre sistema e entorno e ali encontra seu lugar privilegiado de expressão. Neste sentido [do conflito de interesses], a noosfera desempenha um papel de obstáculo (CHEVALLARD apud Brockington, Pietrocola 2005).

Nela, encontram-se todos aqueles que, de uma forma ou de outra, influenciam os rumos do ensino, fazendo que o Saber Sábio se modifique até chegar às escolas.

O trajeto de um saber, quando ele sai de seu ambiente de origem e chega até as salas de aula, pode ser evidenciado pela transposição didática. Dentre vários Saberes do contexto do Saber Sábio, ressalta-se que nem todos podem fazer parte do cotidiano escolar, devido à sua complexidade (Brockington; Pietrocola, 2005).

## **1.2 Interdisciplinaridade e Contextualização.**

Dentre alguns recursos utilizados para se auxiliar a transposição didática, destaca-se a *interdisciplinaridade* e a *contextualização*. Estas são ferramentas indispensáveis para auxiliar a transposição didática que, juntamente com a utilização desses recursos, formam pilares inseparáveis de um processo complexo: transformar o conhecimento científico em um conhecimento mais acessível nas escolas para ser ensinado em um ambiente escolar, conseguir tratar o conhecimento de forma a orientar as atividades do professor e do aluno no âmbito didático e metodológico com o objetivo de construir um ambiente de ensino-aprendizagem (Melo, 200?).

### **1.2.1 Interdisciplinaridade**

A interdisciplinaridade, segundo Fazenda (1994), surgiu em meados da década de 1960 na França e Itália, com o movimento estudantil que reivindicava mais sintonia com questões de ordem mundial, tais como sociedade, política e economia. O termo interdisciplinaridade surgiu à medida que os problemas surgiam e não poderiam ser resolvidos por uma única área do saber ou disciplina, havendo a necessidade de interligar áreas do conhecimento (Carlos, 2007).

No Brasil, foi iniciado por Hilton Japiassú (1976) com algumas adaptações de sua forma original, proposta por Eric Jantsch em relação aos níveis de interdisciplinaridade (Alves, Brasileiro e Brito, 2004).

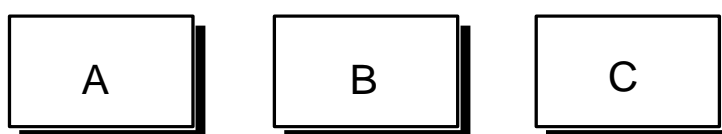
O que seria interdisciplinaridade? Interdisciplinaridade faz uma referência a uma espécie de interações entre as disciplinas e as áreas do saber, ocorrendo em vários níveis de complexidade. Então, foram criados alguns subtópicos tais como: multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Destaca-se como um conceito de caráter polissêmico, devido a várias formas de interdisciplinaridade (Carlos, 2007).

#### **1.2.1.1 Multidisciplinaridade**

Representa o primeiro nível de interação entre as disciplinas e áreas do saberes. Segundo Japiassú (1976), a multidisciplinaridade ocorre em torno de um tema comum, e é caracterizada por ações simultânea de diferentes disciplinas em torno dessa temática (Carlos, 2007).



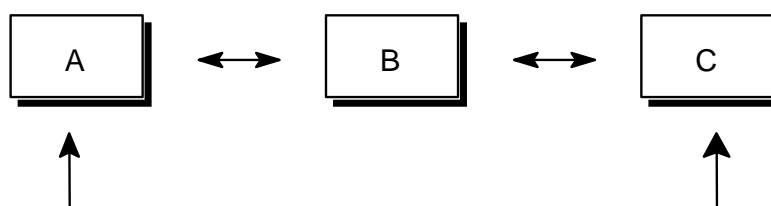
Uma representação esquemática desse tipo de interação, Figura 1, mostra que os retângulos seriam uma área do conhecimento da disciplina. Observa-se que não há nenhum nível hierárquico ou alguma “ligação” entre esses retângulos, sugerindo que não há nenhuma organização ou coordenação entre os conhecimentos dessa disciplina (Carlos, 2007).



**Figura 1.** Multidisciplinaridade (Carlos, 2007).

#### 1.2.1.2 Pluridisciplinaridade

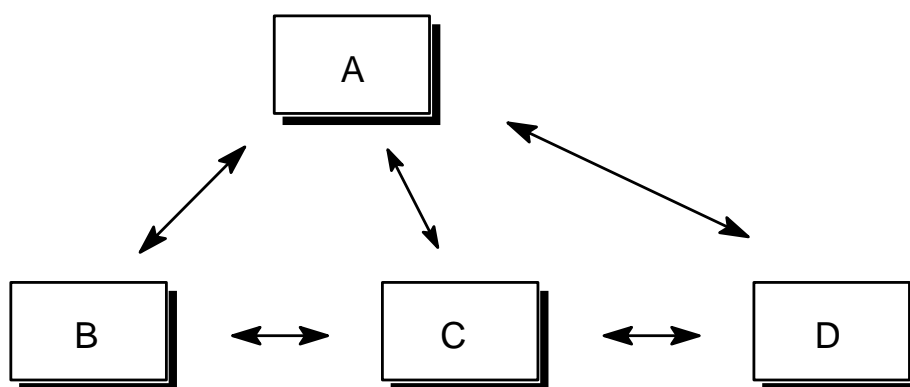
Diferentemente do nível anterior, encontramos neste nível uma “ligação” entre os retângulos, que representam conhecimentos interdisciplinares. Por eles se situarem no mesmo nível hierárquico, Figura 2, as “ligações” que ocorrem neste nível mostram a existência de alguma cooperação ou ênfase nas relações entre tais conhecimentos (Carlos, 2007). Os conceitos e os métodos utilizados para a interligação das áreas do conhecimento que estão no mesmo nível hierárquico não podem converter os estudos por diferentes disciplinas (Alves, Brasileiro e Brito, 2004).



**Figura 2.** Pluridisciplinaridade (Carlos, 2007).

### 1.2.1.3 Interdisciplinaridade

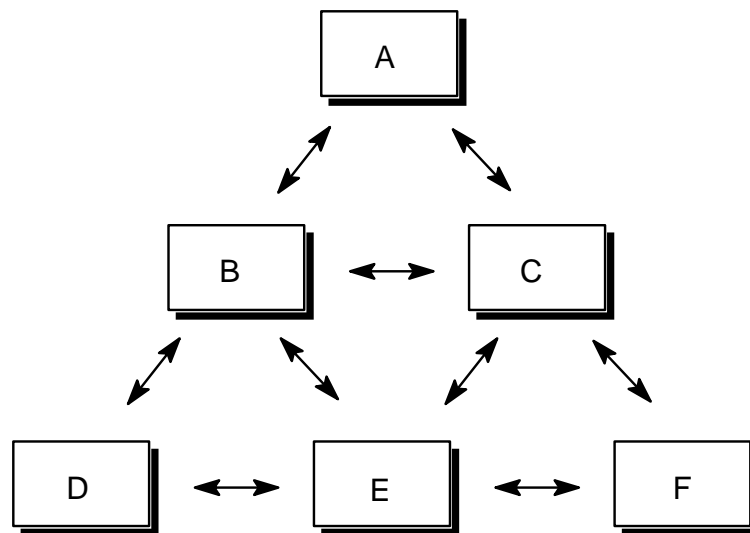
O terceiro nível mostra que há um sistema hierárquico, Figura 3, demonstrando uma coordenação desse nível com as ações disciplinares e, segundo Japiassú (1976), a noção de finalidade é introduzida pelas características de um grupo de disciplinas conexas e definida no nível hierárquico imediatamente superior (Carlos, 2007).



**Figura 3.** Interdisciplinaridade (Carlos, 2007).

### 1.2.1.4 Transdisciplinaridade

A transdisciplinaridade ocorre em um maior nível de complexidade comparada aos outros níveis. Japiassú a define como sendo uma espécie de coordenação de todas as disciplinas e interdisciplinas do sistema de ensino. A Figura 4 mostra o nível de complexidade e interligação entre as disciplinas num contexto mais amplo e geral, observando-se explicações mais claras sobre determinado conhecimento (Carlos, 2007).



**Figura 4.** Transdisciplinaridade (Carlos, 2007).

### 1.2.2 Contextualização

A contextualização é uma forma de enraizar a construção por meio de assuntos relacionados à temática. É uma estratégia fundamental para a construção de determinados significados, pois, dessa forma, faz que o aluno dê significado ao conhecimento (Melo, 200?).

Os contextos presentes na vida pessoal do aluno e no mundo no qual ele transita devem ser trabalhados em sala de aula de forma conjunta, pois o conhecimento escolar passaria a possuir um significado real. Essa relação do cotidiano na contextualização, para exemplificar conteúdos abordados no âmbito escolar, é fundamental, segundo as ideias do Parâmetro Curricular Nacional (PCN). Nele a contextualização está relacionada de forma que facilite o aprendizado para os alunos (Vasconcelos, Rêgo, 2010).

Didaticamente, Vasconcelos e Rêgo (2010) dividem o contexto em três grandes categorias:

- A vida cotidiana e o ambiente de que o aluno faz parte, seja familiar ou entre amigos, devem ser analisados com suas complexidades e riquezas, não deixando de se incluir a vida pessoal do aluno com suas experiências;
- Os meios de comunicação que os alunos possuem numa sociedade fazem o seu ambiente se tornar complexo e rico;
- O próprio ato de descoberta ou produção de conhecimento que pode ser reproduzida ou simulada.

Completando o sentido dessas divisões, as motivações e as contextualizações podem ser trabalhadas para alcançarem os mesmo objetivos em diferentes situações:

- A compreensão de determinados problemas e a formulação de suas soluções dependem do contexto que é direcionado aos alunos pelo educando. A contextualização pode ser trabalhada de forma efetiva e intelectual;
- A compreensão de determinados significados num contexto do mundo ou de uma sociedade é somente relevante para os alunos no momento em que eles conseguem entender os fatos, tendências, fenômenos, processos, que os cercam;
- A contextualização do conhecimento é criar no aluno uma situação de curiosidade, a fim de encantar-se com a descoberta e se construir uma aprendizagem com autonomia.

Essas características são fundamentais para a formação do aluno-cidadão, pois, além de formá-lo como aluno, deve-se pensar na sua vida futura para exercer uma função de cidadão, com direitos e deveres. Então o trabalho

de contextualização deve ser voltado para o público específico, ou seja, deve ser trabalhado de acordo com a necessidade dos alunos, para que o significado seja compreendido com clareza e em cima daquela contextualização. É preciso ter cuidado para não dar à contextualização “um valor de uso estrito, de aplicação imediata, mas de busca de sentido ao que se ensina” (RICARDO apud, Vasconcelos, Rêgo, 2010).

Interdisciplinaridade e contextualização são duas ferramentas fundamentais que auxiliam a compreensão de assuntos complexos, bem como a transposição didática que visa a ligar um conhecimento específico para alunos que estão em formação, ou seja, em construção do ensino-aprendizagem. Dessa forma, essas teorias ajudaram a entender melhor os polímeros e suas diversas áreas de aplicação.

## 2 OS POLÍMEROS

### 2.1 Fatores históricos

O primeiro trabalho relacionado aos polímeros foi realizado pelo inglês Alexandre Parkes, por volta de 1860. Em seu estudo, primeiramente foram realizados testes com o nitrato de celulose, um tipo de resina que ganhou o nome de Parkesina, a qual era resistente à água e é flexível. A partir desses materiais, vários estudos começaram a surgir na tentativa de criar novos polímeros, com propriedades distintas das que já existiam (Gorni, 200?).

Muitas perguntas eram realizadas aos cientistas sobre como eram formados os polímeros. Contudo o cientista Hermann Staudinger, em 1920, iniciou o estudo teórico das propriedades e estrutura de alguns polímeros celulose e poli-isopreno (Gorni, 200?) e propôs, de acordo com seus estudos, que os polímeros eram formados por unidades menores de moléculas ligadas entre si, formando longas cadeias, visto que, Kekulé já havia demonstrado que as moléculas orgânicas possuíam átomos de carbono em suas estruturas. Entretanto, alguns cientistas dessa época acreditavam que os polímeros eram formados por anéis de moléculas ligadas. A ideia de Staudinger não foi muito aceita, proporcionando uma maior discussão no meio científico (Gorni, 200?). Em meados da década de 1920, a ideia proposta por Hermann Staudinger foi comprovada por estudos de raios-X realizados pelos cientistas Kurt Meyer e Herman Mark (Gorni, 200?).

Um polímero importante na atualidade surgiu pouco tempo depois, na década de 1930, o poliestireno (PS), conhecido com o nome científico de polivinil benzeno. Em sua estrutura polimérica, possui um anel aromático e uma cadeia alifática insaturada. A produção desse material fez substituir com

grande êxito materiais já existentes como vidro, madeira, metais, dentre outros (Gorni, 200?).

A partir do estudo e compreensão da síntese do poliestireno, ocorreu uma grande variabilidade de novos polímeros sintéticos. Dentre os quais se destacam o policloreto de vinila (PVC) em 1931; desenvolvimento da Buna S (estireno-butadieno) em 1932; poli(metil-acrilato) (PMMA) em 1933; polietileno (PE) e poli(acetato de vinila) (PVA) em 1936; dentre outros polímeros importantes (Gorni, 200?).

Alguns polímeros eram utilizados em diversos materiais, e, ao longo do seu surgimento, cada polímero novo sintetizado possuía propriedades distintas e poderia ser aplicado de diferentes formas. O PVA, em 1937, era utilizado nos vidros laminados de segurança. Alguns polímeros maleáveis eram utilizados como mangueiras nos postos de gasolina, tornando-se muito comum nos Estados Unidos e na Europa a partir de 1943.

No Brasil, na década de 1949, inaugura-se a primeira fábrica de polímeros, na qual, produzia-se o poliestireno. Polímero aplicado em diversas áreas devido às suas características. Da produção do PS na forma de espuma surge o isopor. E, a partir dessa modelagem por injeção do poliestireno, essa tecnologia evoluiu e, em 1962, as empresas dominam essa técnica de modelagem por injeção.

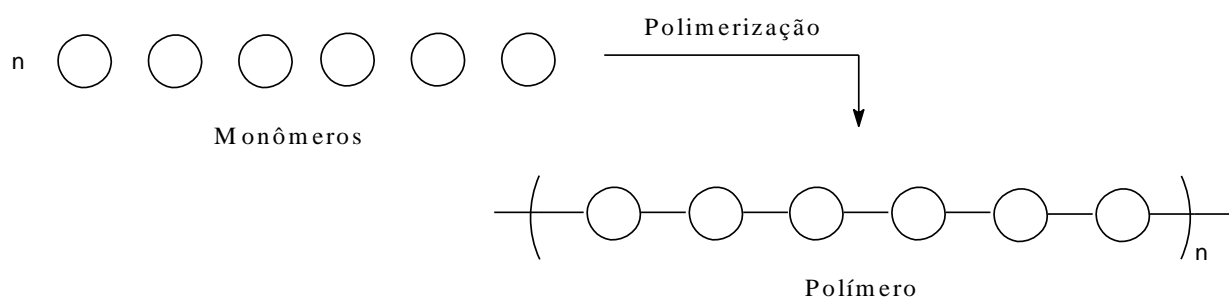
No ano de 1980, a produção de garrafa de refrigerantes PET (politereftalato de etileno) chega aos incríveis 2,5 bilhões de garrafas, que eram virtualmente inexistentes em 1976.

Num mundo, em que cada vez mais necessita-se de materiais alternativos, os plásticos se apresentam como soluções eficientes, pois

possuem grande aplicabilidade. Em residências, por exemplo, podem substituir com êxito mesas e cadeiras à base de madeira. De fato, eles têm substituído a madeira devido ao seu custo elevado de produção em alta escala para atender à demanda da sociedade e superar sua dificuldade de processamento. Em contraste, os polímeros são facilmente processados por moldagem ou sopro e são produzidos a partir de matérias primas de baixo custo.

## 2.2 Formação do polímero

Os polímeros são macromoléculas que possuem elevada massa molar, formadas pela união de várias moléculas menores. Cada uma dessas moléculas é chamada de monômero e as macromoléculas são os polímeros (do grego *poly* = muitos e *meros*= partes). A polimerização é o nome dado ao processo no qual as várias unidades de repetição (monômeros) reagem para gerar uma cadeia de polímero, conforme ilustra a Figura 5 (Blass, 1985).

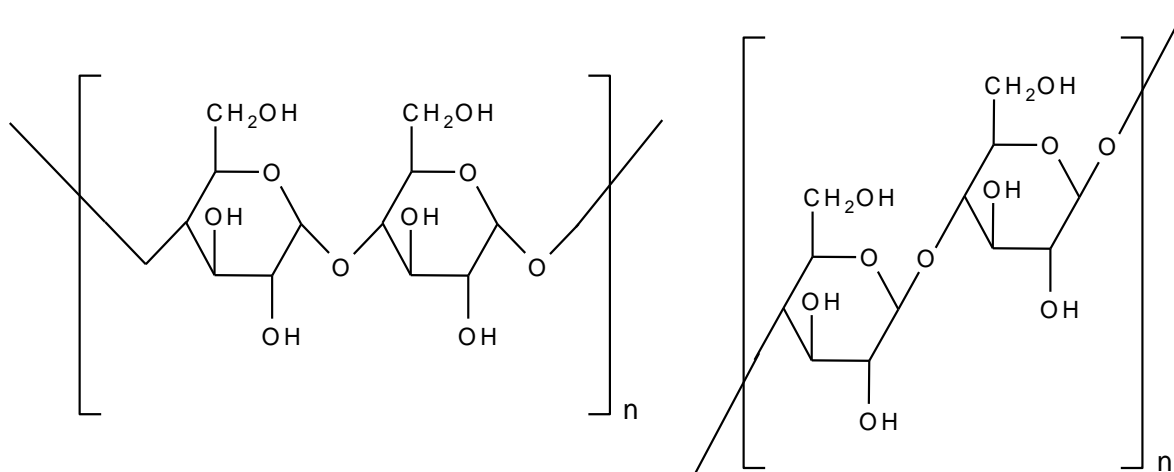


**Figura 5.** Representação de um processo de síntese de um polímero (Blass, 1985).

Os polímeros não foram “inventados” ou “criados”. Na natureza, existem diversos materiais poliméricos, chamados polímeros naturais. Por exemplo, a celulose e o amido são formados pelo monômero de glicose, que comumente é



encontradas nos tecidos vegetais, e suas estruturas são mostradas na Figura 6 (Blass, 1985).



**Figura 6.** Estrutura polimérica da celulose (esquerda) e amido (direita) (Lehninger, 2000).

Os carboidratos ou hidratos de carbono são macromoléculas, assim como os polímeros sintéticos, que desempenham diversas funções nos organismos vegetais, dentre as quais destacam-se a estrutural e a energética. A celulose desenvolve uma função estrutural na célula vegetal, devido à estrutura linear de seus monômeros de glicose, por meio das ligações chamadas de  $\beta$ -1,4 glicosídicas. Devido a essas ligações, esse polímero natural possui uma baixa solubilidade em água. Diferentemente da celulose, o amido desempenha uma função energética, mas também possui o monômero de glicose, entretanto possui elevada solubilidade em água devido à formação das ligações chamadas de  $\alpha$ -1,4 glicosídicas, configurando uma estrutura não linear da cadeia polimérica, como ilustra Figura 6 (Lehninger, 2000).

### **2.2.1 Polímeros de Adição**

O processo de síntese de polímeros conhecido como adição ocorre pela seguida repetição de um mesmo monômero, ou seja, haverá seguidas adições de monômeros iguais até a formação de uma macromolécula. Esses monômeros possuem insaturações, duplas ou triplas ligações, em sua cadeia carbônica (Blass, 1985).

### **2.2.2 Polímeros de Condensação**

Os polímeros formados por condensação são caracterizados pela reação entre dois monômeros iguais ou diferentes. Porém, uma característica fundamental na reação de polimerização de condensação é a reação entre grupos funcionais, podendo ocorrerem eliminações de moléculas pequenas. Uma característica é que, ao contrário dos polímeros de adição, estes monômeros não precisam de apresentar insaturações em sua cadeia carbônica, mas são requeridos grupos funcionais nas cadeias carbônicas dos monômeros, originando novas funções orgânicas na estrutura do polímero (Blass, 1985).

## **2.3 Classificação e tipos de polímeros**

Os polímeros são classificados como termoplásticos, termofixos, elastômeros e borrachas.

### **2.3.1 Termoplásticos e Termofixos**

Uma das classificações usuais de polímeros é em termoplásticos e termofixos. Essas características, definidas a seguir, dependem não só da

composição, mas também da formação e da distribuição espacial de suas moléculas durante o processo de síntese (Blass, 1985).

#### Termoplásticos

- Suas estruturas podem ser lineares ou ramificadas;
- São parcialmente cristalinos ou com grandes estruturas amorfas;
- Podem ser conformados mecanicamente, repetidas vezes, desde que reaquecidos (são facilmente recicláveis).

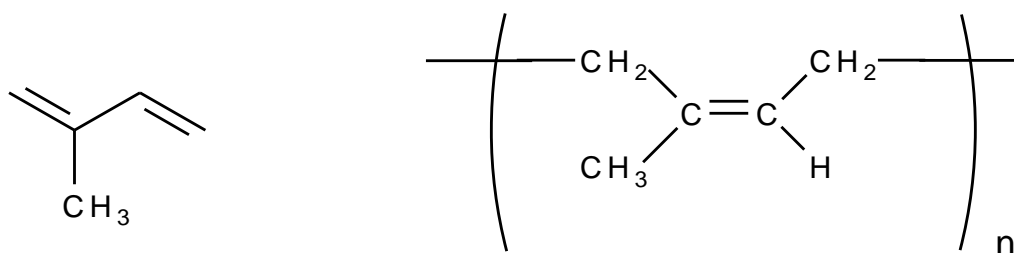
#### Termofixos

- Possuem baixa solubilidade e baixa capacidade de fusão com outros materiais;
- Produto que não amolece facilmente com o aumento da temperatura;
- Maior resistência ao calor que os termoplásticos;
- Completamente amorfos, pois possuem, em sua estrutura, grandes ligações cruzadas;
- Podem ser conformados plasticamente apenas em um estágio intermediários de sua fabricação.

#### **2.3.2 Elastômeros e Borracha natural**

São materiais com baixa fluência plástica, grande extensibilidade e capacidade de recuperar rapidamente a forma original após estar sujeito a grandes deformações físicas (Guerreiro, 2003).

A borracha natural (NR) é um polímero elastomérico de poli(*cis*-1,4-isopreno), como na Figura 7, possuindo o isopreno como estrutura carbônica monomérica, conhecido pela IUPAC como 2-metil-1,3-butadieno.



**Figura 7.** Estrutura monomérica (Esquerda) e polimérica (Direita) da Borracha Natural.

A NR apresenta característica de alta massa molar, com uma pequena composição de proteínas, carboidratos, lipídios e minerais, que fornece propriedades únicas. Cerca de 2500 plantas produzem látex, e a *Hevea brasiliensis*, que na Figura 8 aparece num bosque, apresenta um excelente desempenho como fonte comercial (Rippel, Bragança, 2009).



**Figura 8.** Plantação de seringueiras (retira de: <http://www.ipef.br/identificacao/hevea.brasiliensis.asp>).

A borracha natural é um material que possui características intrínsecas que impedem a sua substituição por outros tipos de borrachas. Essas características são:

1. As propriedades especiais apresentadas (elasticidade, flexibilidade, resistência à abrasão, ao impacto e à corrosão, fácil adesão a tecidos e aço e impermeabilidade, isolantes de eletricidade, impermeabilidade a líquidos e gases, capacidade de dispersar calor e maleabilidade a baixas temperaturas) fazem esses materiais serem aplicados em inúmeros produtos;
2. Não há uma relação de preço *versus* desempenho das borrachas sintéticas que se equiparem à borracha natural (Rippel; Bragança, 2009).

As características citadas fazem da borracha natural um produto comercializado de diferentes formas e em inúmeros países. Hoje, mais de 50 mil produtos, de alguma forma, utilizam, em sua composição, a borracha natural. As aplicações desses produtos podem ser encontradas em adesivos, pneumáticos, luvas descartáveis, material cirúrgico (tubos intravenosos, seringas, estetoscópios, cateteres e esparadrapos), preservativos, pisos e revestimentos, impermeabilização de fios e tecidos (Rippel; Bragança, 2009).

A Tabela 1 mostra a produção da borracha natural em diferentes regiões do mundo e com diferentes espécies de árvores, das quais são extraídos o látex, além de mostrar também as principais fontes naturais de látex.

**Tabela 1.** Principais fontes de produção de borracha natural (Rippel; Bragança, 2009).

Fonte	País de origem	Conteúdo de sólidos / % (massa molar média/kDa)	Produção (t/ano)	Produção (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
<i>Hevea brasiliensis</i> (seringueira)	Brasil	30-50 (1310)	9.789.000 (2007)	500-3000
<i>Parhenium argentatum</i> (guaiule)	México e EUA	3-12 (1280)	2.600.000 (1988)	300-2000
<i>Manihot glaziovii</i> (maniçoba)	Brasil	3-12 (1000-1500)	--	--
<i>Ficus elástica</i> , <i>F. ovata</i> , <i>F. pumila</i> , <i>F. volgelii</i> (figueira-da-borracha ou borra indiana)	Nigéria	15-28 (--)	--	--
<i>Taraxacum kok-saghyz</i> (dente-de-leão russo)	Rússia	Até 30 (2180)	3000 (1943)	150-500
<i>Solidago altíssima</i> (goldenrod)	EUA	5-12 na raiz (160-240)	--	110-155

A composição química da borracha natural, é muito semelhante à da borracha sintética. Entretanto, devido às diferenças em suas propriedades físicas, a aplicação da borracha sintética em produtos manufaturados causa prejuízos em sua qualidade, principalmente nos casos de luvas cirúrgicas, preservativos, pneus de automóveis, caminhões, aviões e revestimentos diversos (Rippel; Bragança, 2009).

A Figura 9 mostra a produção de borracha natural e sintética no mundo.



**Figura 9.** Produção continental e mundial da borracha natural e sintética (retirado de: <http://planetaplastico.wordpress.com/2010/08/26/a-potencia-alema-e-a-borracha-sintetica>).

Atualmente mais de 90% da borracha natural é produzida nos países asiáticos, tais como a Tailândia, Indonésia, Malásia e Índia (Rippel; Bragança, 2009).

No passado, o Estado do Amazonas, Brasil, foi o principal produtor mundial de látex. Vivenciou um grande surto econômico com a crescente produção da borracha e consequente exportação do látex. Milhares de pessoas, principalmente oriundas do Nordeste brasileiro, migraram para a Amazônia, podendo ir até o Acre em busca de riquezas. São exemplos desse período áureo as luxuosas construções do Centro de Manaus e Belém, como, por exemplo, os luxuosos Teatros da Paz (Belém) e Amazonas (Manaus), Figura 10, sendo que este último recebeu os principais artistas da época, concretizando um dos teatros mais importantes do país.



**Figura 10.** Teatro da Paz – Belém (Esquerda) retirado de: <<http://www.revistamuseu.com.br/emfoco/emfoco.asp?id=3348>> Teatro do Amazonas (Direita) retirado de: <<http://www.essaseoutras.com.br/teatro-amazonas-em-manaus-am-historia-inauguracao-e-lindas-fotos>>.

Toda a riqueza, no entanto, estava concentrada nas mãos de poucas pessoas que viviam em ambiente de grande luxo: comiam caviar, importavam artigos de luxo da Europa e imitavam o estilo de vida europeu. Esse período áureo, no entanto, durou pouco. Os ingleses levaram sementes selecionadas da *Hevea Brasiliensis* para suas colônias do sudeste asiático, onde começaram a produção de látex, e hoje é o principal produtor de borracha natural (Rippel; Bragança, 2009).

O Látex é extraído da seringueira com uma ferramenta cortante especialmente desenvolvida, Figura 11, para que haja o corte da casca da árvore, removendo-se lascas de tal forma que não se prejudique a extração do Látex, visto que, a forma, a altura e a profundidade que o corte é feito na casca da árvore e a periodicidade com que a sangria acontece influenciam a qualidade da extração e consequentemente a qualidade do Látex. Esse



processo de extração é chamado de sangria (tapping), Figura 11, pois a árvore fica com esse aspecto como se sangrasse (Rippel; Bragança, 2009).

O látex é coletado por trabalhadores treinados, necessitando-se de uma mão de obra intensa. Essa coleta, até o presente momento, não pode ser mecanizada, pois requer a sangria diária de centenas de árvores. Este é um importante fator que leva à fixação do ser humano ao campo, evitando o êxodo para grandes centros urbanos (Rippel; Bragança, 2009).



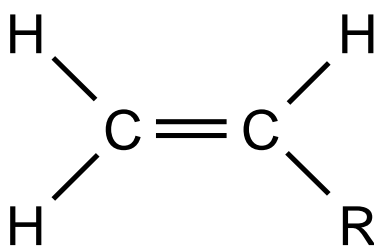
**Figura 11.** Extração do látex pelo processo de sangria com a utilização da ferramenta especializada (retirado de: <http://www.corneta.com.br/br/produtos-descricao.php?ids=6&idp=277>).

O látex, quando extraído da seringueira, possui, em sua composição, cerca 30% de látex e 70% de água em massa, principalmente. Porém, após o tratamento, a concentração de látex pode chegar a 60% em massa, sendo uma extração economicamente viável, devido a sua elevada concentração comparada a outras extrações. Há métodos que são comumente utilizados

para concentrar o látex. Dentre eles, destaca-se: evaporação, *creaming*, eletrodecantação e centrifugação. Industrialmente, utiliza-se a centrifugação. O látex concentrado é utilizado na fabricação de produtos por imersão, moldagem ou *casting* (Rippel; Bragança, 2009).

### 2.3.3 Poliolefinas

Olefinas são hidrocarbonetos que possuem, de forma geral, insaturação vinílica, conhecidas também como polímeros de monômeros de alcenos. A Figura 10 representa uma forma simplificada das olefinas. Dentre esses compostos, destacam-se o eteno, propeno e estireno, os quais compõem uma maior parte dos materiais poliolefínicos produzidos atualmente (Fraga, 2010).



**Figura 12.** Estrutura simplificada das olefina (Lima, 2010).

Alguns outros materiais poliolefínicos e suas características podem ser analisados na Tabela 3. O sucesso das resinas poliolefínicas é devido às características de baixo custo, aliadas à facilidade de produção, ao excelente desempenho térmico e mecânico e à alta processabilidade (Lima, 2010).

**Tabela 2.** Composição dos principais monômeros olefínicos.

Monômero	R
Eteno	-H
Propeno	-CH <sub>3</sub>
1-Buteno	-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
4-Metilpenteno	-C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>
Estireno	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>

Exemplos de poliolefinas são o polietileno e o propileno, de que, em 2007, foram produzidas 3 milhões e 13 milhões de toneladas, respectivamente. Representando um mercado de US\$ 1,4 bilhão, quando se consideram apenas os produtos que utilizam tecnologia Ziegler-Natta (Lima, 2010).

O sistema catalítico utilizado por Karl Ziegler (1940) para a polimerização de eteno relacionava uma combinação de sais ou óxidos metálicos compostos por metais de transição com alquilalumínios (Bom, 2007).

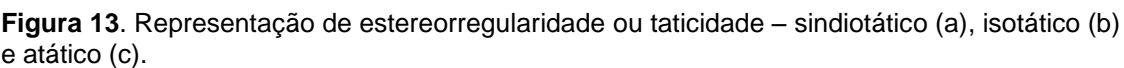
O estudo mais detalhado desse sistema catalítico, criado por Ziegler, foi estudado por Giulio Natta (1954) no Instituto de Tecnologia de Milão. Nele conseguiu perceber que, além de se polimerizar eteno, também se polimerizava o propeno, porém com isoseletividade (Bom, 2007). A utilização desse sistema catalítico faz reduzir parâmetros, como temperatura e pressão, no processo de polimerização do polipropileno.

Ziegler-Natta é um termo que assume uma variedade de aplicações em catalisadores heterogêneos, caracterizados pela combinação de compostos organometálicos com sais de metais de transição (Lima, 2010).

A evolução dos catalisadores Ziegler-Natta é dividida em seis gerações definidas, que são diferenciadas pela atividade catalítica, índice de isotacidez, estereoespecificidade e pela morfologia do polímero (Lima, 2010).

Os catalisadores Ziegler-Natta são aplicados na polimerização das olefinas e permitem o elevado grau de orientação molecular para a formação das cadeias poliméricas. A organização e a ordenação permitem que as unidades monoméricas sejam distribuídas no espaço e, por isso, este tipo de catálise é conhecido por sua elevada estereoespecificidade (Lima, 2010).

De acordo com a configuração dos estereocentros, os polímeros podem ser classificados como atático, isotático ou sindiotático, conforme ilustrado na Figura 11. A estereoregularidade ou taticidade do polímero é relacionada à forma com a qual os grupamentos R estão dispostos na molécula. Atático é relacionado ao polímero que não possui uma organização, ou seja, quando os grupamentos R estão numa ordem aleatória, sendo distribuídos de forma desorganizada nos dois planos da cadeia polimérica. Isotático, ao contrário do atático, possui uma organização, que deve possuir seus grupamentos R sempre no mesmo plano da cadeia polimérica. E, por fim, o sindiotático é caracterizado pela alternância dos grupamentos R em relação ao plano principal (Lima, 2010).



As disposições dos grupos substituintes R na cadeia polimérica modificam suas características, influenciando significativamente as propriedades finais do produto e consequentemente sua aplicação e valor do polímero.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na tentativa de contribuir para melhorar a divulgação do tema polímero na educação brasileira, esta monografia visou criar um texto didático que auxilie o professor no ensino de polímeros. Para tanto, foram utilizadas teorias para auxiliar o professor na construção do aprendizado dos alunos.

A transposição didática foi utilizada para transcrever os saberes desenvolvidos nas universidades que necessitam de uma linguagem especializada com termos técnicos para sua divulgação em revistas científicas e artigos. O desenvolvimento dessa monografia seria comparado à ação dos autores de livros didáticos que visam a explicar didaticamente esses saberes, para melhor compreensão dos alunos. Dessa forma, os saberes antes incompreendidos pela sua linguagem especializada, ficariam mais acessíveis aos professores e alunos.

Uma ferramenta utilizada e aplicada de diversas maneiras para despertar a curiosidade do aluno é a transposição didática. Contextualizar e interdisciplinar facilitam a compreensão dos assuntos abordados. Esses tópicos são relevantes, pois podem ser trabalhados de acordo com o ambiente e a necessidade escolar, ou seja, assuntos que são facilmente vivenciados pelos alunos, fazendo parte do seu contexto diário. Dessa forma a construção da aprendizagem deve ser atingida com maior facilidade e êxito.

Certamente os alunos vivem cercados com o tema polímero, pois as inúmeras aplicações de materiais poliméricos fazem que não apenas os alunos, mas a sociedade por inteira possua um contato diário com esses materiais. Por isso, a compreensão desses materiais é importante, visto a possibilidade de utilizar esses materiais em diversas áreas, bem como discutir

sua aplicação, em áreas estratégicas, na sala de aula. E para isso seria necessário compreender a composição do polímero de maneira simples, didática, objetiva e contextualizada de suas características. Dessa forma, facilitar-se-ia a reutilização desses materiais tão importantes atualmente para a sociedade e o entendimento das propriedades de diversos materiais cotidianos.

## REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, R. F.; Brasileiro, M. C. E.; Brito, S. M. O. Interdisciplinaridade: um conceito em construção. *Episteme*, Porto Alegre, n. 19, p. 139-148, jul./dez. 2004.

Blass, A. – Processamento de Polímeros. Série didática. Editorial da UFSC, 1985.

Bom, M. H. H. Avaliação dos catalisadores Zieegler-Natta a base de Ti e V em reações polimerização de etileno e copolimerização com alfa-olefinas. Dissertação (mestrado) acesso em: 7 maio 2012.

Brockington, G.; Pietrocola, M. Investigações em Ensino de Ciências – Vol. 10, No. 3, 387-404, 2005.

Carlos, Jairo Gonçalves. *Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades*: Interdisciplinaridade: o que é isso? Disponível em: <[http://ppgec.unb.br/images/stories/media/dissertacoes/2007/proposicoes/proposicao\\_jairocarlos.pdf](http://ppgec.unb.br/images/stories/media/dissertacoes/2007/proposicoes/proposicao_jairocarlos.pdf)> Acesso em: 07 fevereiro 2012.

De Melo, Guiomar Namó. Transposição didática, interdisciplinaridade e contextualização. Disponível em: <<http://www.namodemello.com.br/pdf/escritos/outros/contextinterdisc.pdf>> Acesso em: 29 Janeiro 2012.



Forquin, J. C. Artes Médicas; Porto Alegre, 1993.

Fraga, I. M. Aproveitamento de carepa e E-CAT no desenvolvimento de compósitos de polietileno reciclado e modificado com agentes oxidantes. Dissertação (Mestrado) acesso em: 7 maio 2012.

Gorni, A. A. - A Evolução dos Materiais Poliméricos ao Longo do Tempo. 200? <[http://www.torresnetworking.com/Sociesc/EVOLUCAO\\_MATERIAIS\\_POLIMERICOS.pdf](http://www.torresnetworking.com/Sociesc/EVOLUCAO_MATERIAIS_POLIMERICOS.pdf)> acessado em: 25 de abril.

Guerreiro, L. Comportamento de Blocos de Elastômero. (*Borrachas*) Dissertação (mestrado em Engenharias de Estruturas) acesso em: 27 de abril.

Guimarães, G. R.; Sade, W. – Utilizando a Transposição Didática para Introdução do Átomo de Bohr no Ensino Médio - XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009.

Lehninger, A. L.; Nelson, D. L.; Cox, M. M. Princípios de Bioquímica. 2º Ed. 2000.

Leite, M. S. Contribuições de Basil Bernstein e Yves Chavellard para a discussão do conhecimento escolar. Dissertação (Mestrado) acesso em: 4 fevereiro 2012.

Lima , A. F. Produção de copolímeros contendo olefinas e diolefinas com catalisadores Ziegler-Natta. Dissertação (Mestrado em Química) acesso em:1 maio 2012.

Lopes, A. R. C. Conhecimento Escolar em Química - Processo de Mediação Didática da Ciência, *Química Nova*, Vol. 20, No. 5, 562-568, 1997.

Manual Básico sobre tintas, Donario, P. A. em colaboração com Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI). Atualizado em janeiro de 2011, acesso: 28 de Julho 2012.

Petry, A. Mercado brasileiro de polipropileno com ênfase no setor automobilístico. Dissertação (Mestrado) acesso em: 29 julho 2012.

Rippel, M. M.; Bragança, F. C. Borracha natural e nanocompósitos com argila *Química Nova*, Vol. 32, No. 3, 818-826, 2009.

Spinace, M.S.; DE PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química Nova*, São Paulo, Vol. 28, No. 1, 2005.

Vasconcelos, M. B. F.; Rêgo, R. G. - A Contextualização como Recurso para o Ensino e a Aprendizagem da Matemática - <  
<http://www.sbempb.com.br/anais/arquivos/trabalhos/CC-18186241.pdf>> acesso em: 5 fevereiro 2012.

<<http://planetaplastico.wordpress.com/2010/08/>> acessado em: 15 de maio.

<http://www.abiplast.org.br/site/os-plasticos>, acesso: 28 de Julho 2012.

## **Anexo 1**

(Texto Didático para o Professor)

## Os Polímeros

Em toda a história da humanidade, percebe-se que a “necessidade” é a mola que impulsiona o ser humano a criar soluções e fazer novas descobertas, com os diversos tipos de polímeros também foi assim.

Por volta de 1860, Alexandre Pakers descobriu nitrato de celulose (espécie de resina derivado da celulose), material resistente à água e bastante flexível. A partir desse estudo inicial, foram surgindo novos materiais com propriedades distintas. Porém, havia a necessidade de se melhor a compreensão das diversas estruturas dos polímeros.

Por isso, em 1920, o cientista Hermann Staudinger iniciou o estudo teórico das propriedades e estruturas dos polímeros naturais. Seus estudos mostraram que eles eram formados por anéis que se ligavam quimicamente. Ideia pouco aceita para os cientistas da época, provocando uma maior discussão sobre esses materiais. Após a compreensão estrutural dos materiais poliméricos, a síntese desses polímeros aumentou gradativamente.

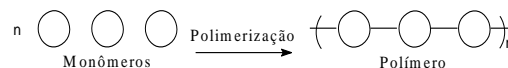
Na década de 1930 surgiu um polímero muito importante nos dias de hoje: o poliestireno. Conhecido no meio científico como polivinil benzeno, este polímero possui, em sua estrutura, um anel aromático com uma cadeia alifática.

Estes e outros polímeros tiveram grande utilidade em diversas áreas tecnológicas e estruturais. A produção desses polímeros permitiu substituir, com grande êxito, materiais já existentes, como vidro, madeira, metais, dentre outros. Num mundo em que cada vez mais se necessita de materiais alternativos, os plásticos se apresentam como solução eficiente, sendo, em alguns casos, mais baratos.

### Estrutura do polímero

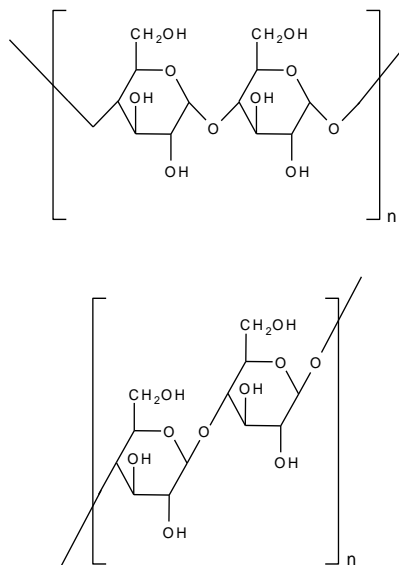
Os polímeros são macromoléculas que possuem elevada massa molar. As macromoléculas são formadas pela união de várias moléculas menores, conforme mostrado na Figura 1. Cada uma dessas moléculas é chamada de monômero, e as macromoléculas são os polímeros (do grego *poly* = muitos e *meros* = partes). A

polimerização é o nome dado ao processo no qual as várias unidades de repetição (monômeros) reagem, para gerar uma cadeia polimérica.



**Figura 1.** Representação de um processo de síntese de um polímero.

Ressalta-se que os polímeros não foram “inventados” ou “criados”. Na natureza, existem diversos materiais poliméricos, chamados polímeros naturais. Por exemplo, a celulose e o amido, mostrado na Figura 2, são encontrados comumente em tecidos vegetais. Estes possuem como monômeros as unidades de glicose.



**Figura 2.** Estrutura polimérica da celulose (acima) e amido (abaixo).

Quanto a formação do polímero pode ser sintetizado por duas reações diferentes: adição ou condensação.

Os polímeros formados por reação de polimerização de adição são caracterizados por repetir seguidas vezes a adição do monômero, no qual deve possuir insaturação em sua estrutura carbônica. Dessa forma, surge a macromolécula, o polímero.

Já os polímeros que são formados pela reação de polimerização de condensação são caracterizados pela reação de dois monômeros com grupos

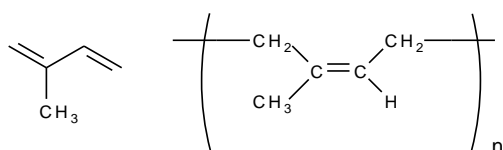
funcionais iguais ou diferentes. Durante a polimerização, esses grupos funcionais reagem, formando uma nova função orgânica e, em geral, também ocorre a eliminação de moléculas menores, por exemplo, água. Diferentemente dos polímeros de adição estes não precisam de insaturações em sua estrutura carbônica, mas são requeridos grupos funcionais nos monômeros, visto que a reação ocorre entre as funções orgânicas, originando-se na cadeia polimérica, um novo grupo funcional.

### Classificação dos polímeros

Os polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, sua estrutura química e interações intra e intermoleculares. Eles podem ser naturais, como a seda, a celulose, as fibras de algodão; ou sintéticos, como o polietileno (PE), polipropileno (PP), o poliestireno (PS), o poli(tereftalato de etileno) (PET), o poliéster e a poliamida. E dependendo das características e propriedades, recebem algumas classificações.

São classificados em termoplásticos, termofixos e elastômeros. Os polímeros termoplásticos são facilmente conformados e moldados com a mudança de temperatura. São exemplos dessa classe de polímeros o polipropileno, o polietileno, e o policloreto de vinil. Já os polímeros termofixos são rígidos de tal forma que, com a mudança da temperatura, não haverá mudança da estrutura polimérica. São exemplos de termofixos as poliuretanas, como as utilizadas para a produção de espuma, muito usada para a fabricação de colchões.

Por fim, os elastômeros são polímeros que apresentam propriedades elásticas, ou seja, conseguem se deformar antes da ruptura da estrutura do polímero. A palavra borracha é sinônima de elastômero. É um exemplo de elastômero o que possui o monômero 2-metil-1,3 butadieno, mais conhecido como isopreno, e o que é o constituinte da Borracha Natural, o Látex.



**Figura 3.** Estrutura monomérica (esquerda) e polimérica (direita) da Borracha Natural.

Destacando a importância histórica desse polímero natural, existem cerca de 2500 plantas que produzem o Látex, entretanto destaca-se a *Hevea brasiliensis* como importante fonte de comercialização da Borracha Natural.

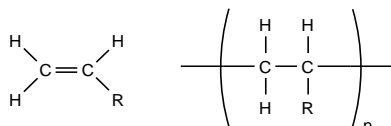
Este elastômero possui propriedades intrínsecas, como: elasticidade; flexibilidade; resistência à abrasão, ao impacto e à corrosão; fácil adesão aos tecidos e aço e impermeabilidade, baixa condutividade elétrica, impermeabilidade a líquidos e gases, capacidade de dispersar calor e maleabilidade a baixas temperaturas. Essas características se devem à sua composição química e esses elastômeros não são facilmente substituídos por outras espécies de elastômeros.

As diversas propriedades da borracha natural fazem esse material possuir uma grande gama de aplicações. Atualmente cerca de 50 mil produtos, de alguma forma, possuem, em sua composição ou estrutura, a borracha natural. As aplicações desses produtos podem ser encontradas em adesivos, pneumáticos, luvas descartáveis, material cirúrgico (tubos intravenosos, seringas, estetoscópios, cateteres e esparadrapos), preservativos, pisos e revestimentos, impermeabilização de fios e tecidos etc.

No Brasil, na década de 1880, o principal produtor de látex foi o Estado do Amazonas, obtendo a posição número um de produção mundial. A produção proporcionou um surto econômico na região, dessa forma a cidade de Manaus assemelhava-se com às cidades europeias da época. No entanto essa riqueza não estava distribuída uniformemente, ou seja, concentrava-se nas mãos da minoria. E essa minoria lucrava e enriquecia com a exportação desse produto valioso e dignamente brasileiro.

A riqueza proveniente da exportação da borracha natural não durou muito, pois ingleses levaram semestres da *Hevea brasiliensis* para a Ásia, principalmente para países localizados nos trópicos, devido às suas condições climáticas, que se assemelhavam às condições brasileiras. Dessa forma, a *Hevea brasiliensis* não teve muitas dificuldades de se adaptar. Hoje, os países asiáticos são os principais produtores mundiais de borracha natural.

Voltando-se a classificação dos polímeros alguns são poliolefinicos, no qual as olefinas são hidrocarbonetos que possuem, de forma geral, insaturação de vinílica. Dentre esses compostos destacam-se o eteno, o propeno e o estireno, os quais compõem a maior parte dos materiais poliolefinicos produzidos atualmente. As diferenças entre os monômeros olefinicos estão no grupamento R, que se ligam à cadeia vinílica.



**Figura 4.** Estrutura monomérica (esquerda) e polimérica (direita) simplificada das olefinas.

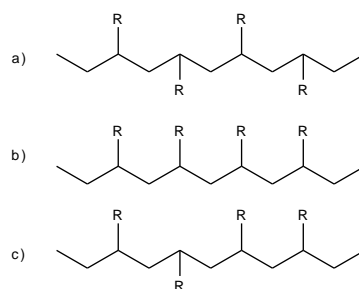
O sucesso das resinas poliolefinicas se deve ao baixo custo, aliado à facilidade de produção, ao excelente desempenho térmico e mecânico e à alta processabilidade, estas características se deve aos catalisadores utilizados.

Os sistemas catalíticos do tipo Ziegler-Natta são os mais importantes para polimerização de olefinas, por causa da gama de produtos gerados e da diversidade de propriedades alcançadas. Esses catalisadores são aplicados na polimerização das olefinas e permitem o elevado grau de orientação molecular para a formação das cadeias poliméricas. A organização e a ordenação permitem que as unidades monoméricas sejam distribuídas no espaço e, por isso, este tipo de catálise é conhecido por sua elevada estereoespecificidade.

**Tabela 3.** Principais monômeros olefinicos.

Monômero	R
Eteno	-H
Propeno	-CH <sub>3</sub>
1-Buteno	-C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
4-Metilpenteno	-C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>
Estireno	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>

De acordo com a configuração dos estereocentros, os polímeros podem ser classificados como atático, isotático ou sindiotático. A estereoregularidade ou taticidade do polímero é relacionada à forma com a qual os grupamentos R estão dispostos na molécula.



**Figura 5.** Representação de estereoregularidade ou taticidade – sindiotático (a), isotático (b) e atático (c).

A disposição dos grupos R no polímero permitem a eles diversas aplicações distintas devido às suas especificidades.

### Aplicação dos polímeros em automóveis

Os polímeros foram introduzidos no setor automobilístico após a grande crise do petróleo na década de 70, na tentativa de diminuir o consumo de gasolina, construindo-se carros “mais leves”.

Ao passar do tempo, os polímeros substituíram materiais de metais, conferindo no automóvel um designe mais moderno e um peso menor, Figura 6.

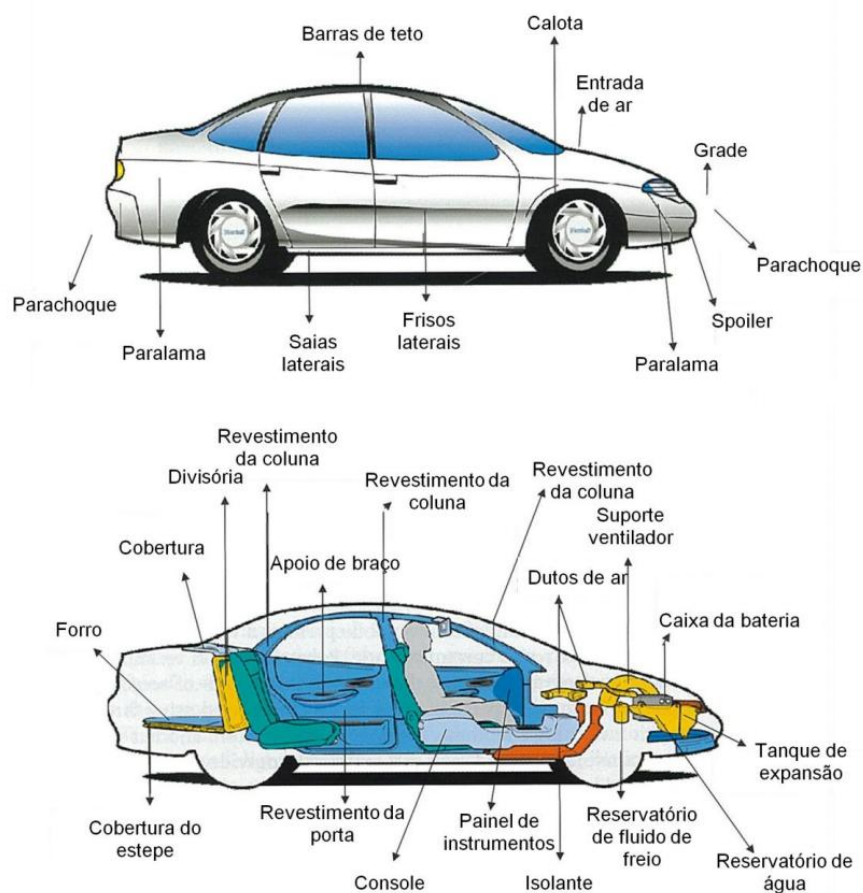
Hoje, no Brasil, cerca de 60 a 90 quilos de plástico são utilizado nos automóveis. Dos quais 63% é usado para equipamentos internos, 15% no corpo externo, 9% no motor, 8% no sistema elétrico, 5% no chassi.



**Figura 6.** Automóvel fabricado em sua maioria de metal (acima) e automóvel fabricado em sua maioria de plástico (abaixo).

Alguns polímeros são importantes para a construção de peças no carro. Por exemplo, a espuma contida dentro dos assentos é constituída por poliuretanas, e a composição dessas poliuretanas assumem características distintas, podendo ser maleáveis ou rígidas. As tintas que coloreem os carros também contêm polímeros. Elas são complexas em sua composição, mas é importante destacar que possuem uma resina que é fabricada de material polimérico. Os para-choques dos carros

são peças plásticas que possuem grandes variedades, sendo específico de cada automóvel, devido à modelagem do polímero. Em alguns casos, os para-choques são fabricados de polipropileno (PP), que adquire um designe característico de cada automóvel. Entretanto o polipropileno não é aplicado apenas para a fabricação de para-choques, sendo aplicado em diversas regiões do automóvel devido, às suas propriedades térmicas, químicas e elétricas.



**Figura 7.** Regiões do automóvel onde se encontram peças de polipropileno. (Retirado de: Petry, A. 2011)

O propileno, quando é modificado, pode ter suas propriedades alteradas, tais com as propriedades mecânicas, que podem ser significativamente melhoradas, adicionando-se fibra de vidro ou grades especiais modificadas com borracha. Essa característica é fundamental para se aplicar à parte externa do automóvel na tentativa de absorver a energia da colisão,

diminuindo possíveis danos ao condutor. O PP possui também uma boa resistência química e, devido a essa característica, pode ser utilizado nos automóveis como reservatório de fluido de freio e também como reservatório de água. As diversas aplicações do PP se devem ao incremento de novos materiais, bem como à esteroespecificidade dos grupos R.



## **Anexo 2**

(Questionamentos Motivadores para Alunos do Ensino Médio)

## QUESTIONAMENTOS MOTIVADORES

Tópicos ou questões motivadores têm por objetivo direcionar e motivar a construção da aprendizagem do aluno, a fim de, se trabalhar o conteúdo ministrado por meio das respostas das questões propostas.

1. Explique de forma esquemática (desenhando se necessário) a formação dos polímeros.
2. Explique a diferença entre monômero e polímero.
3. Qual a importância dos polímeros naturais e sintéticos na sociedade?
4. Construa uma tabela mostrando as características e estrutura dos termoplásticos, termofixos e elastômeros.
5. Dê exemplos do seu cotidiano em que utilizam a borracha natural.
6. Façam uma pesquisa e descubram quais são as outras árvores que também produzem a borracha natural.
7. Desenhe a estrutura do monômero da Borracha Natural e sua nomenclatura segundo a IUPAC.
8. Dê exemplos e mostre as estruturas monoméricas das principais olefinas.
9. Qual a diferença entre as reações de polimerização de adição e de polimerização de condensação?

Essas questões são direcionadas a alunos de Ensino Médio, entretanto também podem ser direcionadas a alunos do EJA, considerando a contextualização e interdisciplinaridade que as compõem.